



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO CALOR E CONFORTO TÉRMICO EM GALPÕES COMERCIAIS SOB VENTILAÇÃO NATURAL: ESTUDO PARA A CONDIÇÃO CLIMÁTICA QUENTE-SECA¹

PEIXOTO NETO, Milton Moreira (1); DURANTE, Luciane Cleonice (2); CALLEJAS, Ivan
Júlio Apolônio (3); ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho (4); ZINA, Carolina
Mendonça (5); MEDEIROS, Larissa Mendes (6); VILELA, Jhonatha Correia (7)

(1) UFMT, e-mail: arqcuiaba@gmail.com; (2) UFMT, e-mail:
luciane.durante@hotmail.com; (3) UFMT, e-mail: ivancallejas1973@gmail.com; (4)
UFMT, e-mail: karyna.rosseti@gmail.com; (5) UFMT, e-mail: carolinamzina@gmail.com;
(6) UFMT, e-mail: larissa.medeiros@ifmt.edu.br; (7) UFMT, e-mail:
jcorreivilela@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as condições de exposição ocupacional, de conforto térmico e de ventilação natural de um galpão comercial, localizado em região de clima quente, na estação seca. A metodologia contemplou medições das variáveis térmicas ambientais, cálculo do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG), da Porcentagem de Insatisfeitos com o ambiente térmico naturalmente ventilado e do Índice de Ventilação Natural (IVN). Os resultados demonstraram que os limites de tolerância ao calor para trabalho contínuo não foram superados, com IBUTG inferior a 25°C e, a partir das 12h, as condições ambientais configuram desconforto térmico para 80% dos usuários. As condições atuais de operação do galpão apresentam seis exaustores eólicos instalados na cumeeira, que proporcionam IVN de 0,88, valor insuficiente para promover a convecção necessária para saída de ar quente. De acordo com o método, são necessários 38 exaustores para obtenção do IVN igual a 3,0, com o qual se estabelece dentro do prédio, o efeito de convecção pela cumeeira que proporciona efetiva melhoria das condições de conforto térmico.

Palavras-chave: Estresse térmico. Conforto térmico. Ventilação natural.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the occupational exposure conditions, environmental thermal comfort and natural ventilation at a commercial gable framing, located in region of hot and dry climate. The methodology included measurements of environmental thermal variables, calculation of the Wet Bulb Globe Temperature Index (WBGT), the Dissatisfied Percentage of people with thermal environment naturally ventilated and the Natural Ventilation Index (IVN). The results indicated that the thermal stress limits for continuous work do not exceed the threshold limit value, with WBGT lower than 25°C and, after 12h, it was observed thermal discomfort by 80% of users. The gable framing current

¹ PEIXOTO NETO, Milton Moreira; DURANTE, Luciane Cleonice; CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio; ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho; ZINA, Carolina Mendonça; MEDEIROS, Larissa Mendes; VILELA, Jhonatha Correia. Exposição ocupacional ao calor e conforto térmico em galpões comerciais sob ventilação natural: estudo para a condição climática quente-seca. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

conditions operation have six aeolic fans installed on the roof, which provide IVN equal to 0.88, which indicated insufficient conditions to promote the effective ventilation chimney effect. According to the method, it is necessary 38 aeolic fans to provide IVN equal to 3.0, which is able to provide inside the building the convection effect through the top, providing effective improvement of thermal comfort.

Keywords: Heat stress. Thermal comfort. Natural ventilation.

1 INTRODUÇÃO

Tendo em vista as diversidades culturais e climáticas dos locais habitados pelo homem, desenvolveram-se estudos que pudessem expressar a sensação térmica dos habitantes. A definição desses modelos baseou-se em índices que quantificam as respostas das sensações humanas às diferentes condições de exposição térmica ambiental.

A temperatura a qual é submetido um ocupante de uma edificação exerce grande influência sobre seu comportamento, estado físico e psíquico. Os estudos buscam definir as interações entre o homem e o meio ambiente térmico, estabelecendo os limites aos quais se pode suportar calor ou frio, ou seja, as exigências humanas.

Em se tratando de ambientes de trabalho, o conforto térmico faz-se imprescindível, uma vez que condições insatisfatórias podem refletir na produtividade e na saúde e bem-estar dos trabalhadores. Na maioria dos ambientes de trabalho do tipo galpões, objeto deste estudo, o condicionamento térmico artificial é inexecutável devido às dimensões e processos neles realizados, de modo que operam em condições de ventilação natural. Assim, a ventilação é determinante para a adequação ambiental e deve ser tratada pela ótica da busca pelo maior bem estar dos ocupantes.

2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi avaliar as condições de exposição ocupacional, de conforto térmico e de ventilação natural em um galpão comercial, em região de clima quente, na estação seca.

3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 Caracterização do clima da região quanto à temperatura e vento

Este trabalho desenvolveu-se na cidade de Cuiabá/MT, cujas características de clima tropical são acentuadas por sua localização geográfica, em uma área rebaixada denominada Baixada Cuiabana, que se situa entre o Planalto dos Guimarães e a Serra das Araras, com altitudes variando entre 200m, no limite sul, e 450 m no alto vale dos rios Cuiabá e Manso (IPDU, 2009). O comportamento dos ventos na cidade é influenciado pelo relevo que a circunda, caracterizando baixa ventilação durante o ano todo (Figura 1).

Segundo MAITELLI (1994), os ciclos estacionais possuem um período chuvoso

com duração de seis a sete meses (de outubro a novembro e de março a abril) e um período seco (de maio a setembro), mantendo, ao longo do ano, uma temperatura média e um índice pluviométrico de 25°C e de 1.450 mm, respectivamente. Na estação quente-chuvosa, os ventos tem direção N-NO e na estação quente-seca, tem direção Sul. A intensidade média máxima é encontrada em dezembro com 1,04m/s (CAMPELO JUNIOR et al., 1991).

Figura 1 - Corte esquemático do relevo mato-grossense e a localização da cidade de Cuiabá



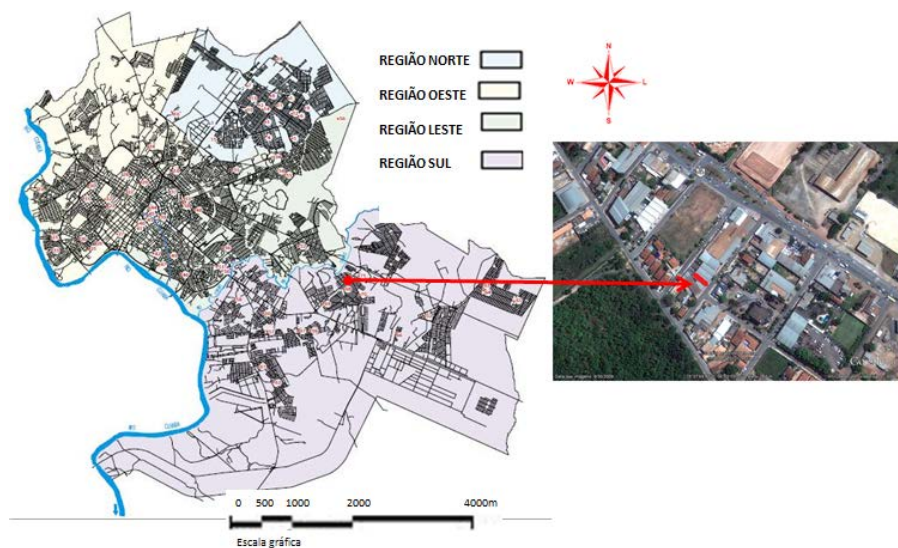
Fonte: Moreno e Higa (2005)

3.2 Objeto de estudo

O objeto de estudo consiste de uma edificação do tipo galpão comercial localizada na região sul do aglomerado urbano de Cuiabá-Várzea Grande (Figura 2). Possui 295m² de área construída, com aberturas posicionadas nas fachadas orientadas a Sudeste (125°) e a Nordeste (305°), respectivamente (Figura 3).

As dimensões das portas são 8,00m de largura e 6,00m de altura (Figura 3). As janelas altas medem 1,71m de largura e 0,60m de altura e não existem aberturas nas laterais. Seis exaustores eólicos com 0,40 m de raio foram dispostos na cobertura (Figura 4), de dimensões e modelo indicados na Figura 5.

Figura 2 – Localização do objeto de estudo

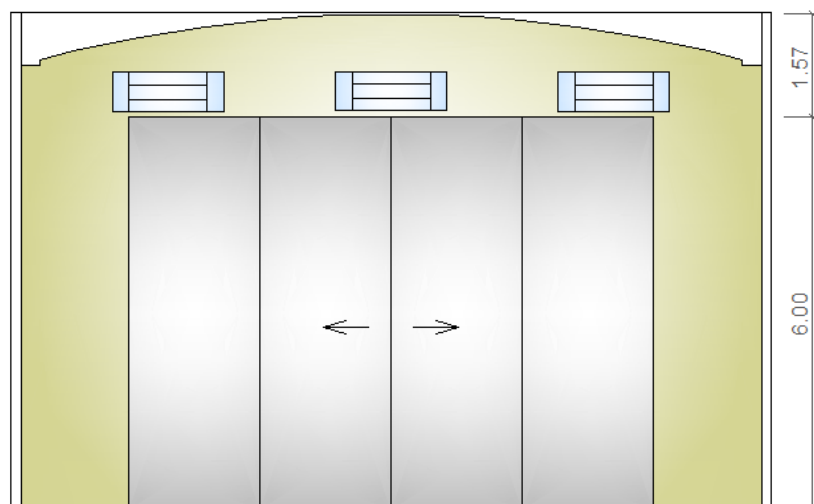


Fonte: Os autores

Figura 3 – (a) Planta baixa do objeto de estudo com a localização dos exaustores instalados na cobertura e (b) corte transversal esquemático



(b)



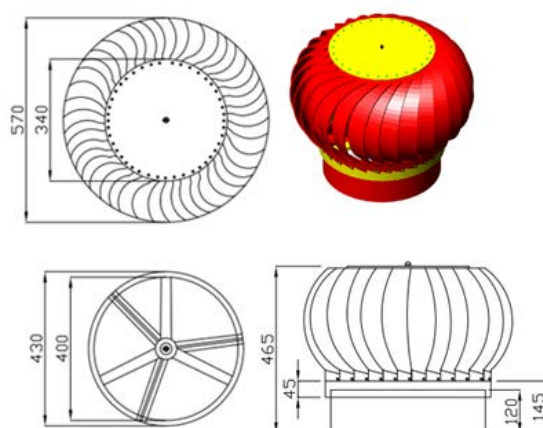
Fonte: Os autores

Figura 4 – (a) Aberturas na fachada orientada a 135° e (b) detalhe do exaustor eólico instalado na cumeeira



Fonte: Os autores

Figura 5 – Dimensões do exaustor instalado



Fonte: <http://www.luftmaxi.com.br/exaustor-eolico-lm-40-gold-standard.html>

3.3 Metodologia

3.3.1. Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor

A metodologia da avaliação da exposição ocupacional ao calor segue os pressupostos do Índice de Bulbo Úmido - Termômetro de Globo (IBUTG), da NR15 (BRASIL, 1978).

Foram realizadas medições horárias de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido natural e temperatura de globo nos dias 26, 27 e 28/09/2012, das 7 às 18h. Neste período, o clima local tem características de quente e seco (MAITELLI, 1994), com temperaturas médias de 32°C (FROTA e SCHIFFER, 1995).

O IBUTG para ambientes internos ou externos sem carga solar é obtido a partir da Equação 1, onde T_{bn} é a temperatura de bulbo natural (°C) e T_g a temperatura de globo (°C).

$$IBUTG = 0,7 T_{bn} + 0,3 T_g \quad (1)$$

O equipamento utilizado foi um Medidor de Estresse Térmico (Figura 6), disposto no centro do ambiente, na altura do tórax do trabalhador.

Figura 6 – Medidor de estresse térmico



Fonte: <http://www.instrutherm.com.br>

A partir das médias horárias de todo o período de medição, foi calculado o IBUTG. A avaliação foi feita calculando-se o IBUTG em cada hora e comparando os valores com os limites de tolerância para a exposição ao calor, em regime de trabalho contínuo (Quadro 2), considerando-se a atividade exercida no galpão objeto de estudo como do tipo pesada (Quadro 3). Assim, o limite de exposição é de 25°C.

Quadro 2 – Limites de Tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de prestação de serviço

REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO (por hora)	LEVE	MODERADA	PESADA
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9

15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Fonte: BRASIL (1978)

Quadro 3 - Taxas de metabolismo por tipo de atividade

TIPO DE ATIVIDADE	Kcal/h
SENTADO EM REPOUSO	100
TRABALHO LEVE	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia)	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir)	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços	150
TRABALHO MODERADO	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar	300
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá)	440
Trabalho fatigante	550

Fonte: BRASIL (1978)

3.3.2. Avaliação das condições de Conforto Térmico

Para avaliação de conforto térmico, utilizou-se o Modelo de Kuchen que propõe uma adaptação ao modelo de Fanger para ambientes naturalmente ventilados. Este método foi adotado considerando que, segundo os autores, o mesmo:

“[...] calcula a porcentagem de insatisfeitos com o ambiente térmico em função de aspectos locais próprios do edifício e do usuário. Dessa maneira, consideram-se fatores que têm influência sobre o grau de adaptação térmica dos usuários, assim como diferenças climáticas estacionais, geográficas, culturais, entre outras, e conduz a uma otimização do funcionamento adequado de edifícios com diferenças nos sistemas de ventilação e climatização.” (KUCHEN et al., 2011, p.50).

A porcentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico denominada $Insatisfeitos_{Kuchen}$ é calculada conforme a Equação 2 (KUCHEN et al., 2011), onde T_n é a temperatura de neutralidade térmica e T_{op} é a temperatura operativa, ambas expressas em °C.

$$Insatisfeitos_{Kuchen} = 100 - 93e^{(-0,0009(-T_n + T_{op})^4 - 0,034(-T_n + T_{op})^2)} \quad (2)$$

A temperatura de neutralidade térmica de Kuchen é de 23,3°C, que corresponde à porcentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente térmico de 7%. A temperatura operativa foi calculada como sendo o valor médio entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média, segundo a NBR 16401-2 (ABNT, 2008), o que pode ser feito em locais com velocidade do ar menor que 0,2m/s.

Da mesma forma que para o IBUTG, os dados foram analisados em termos de médias horárias do período de medição.

3.3.3. Avaliação pelo método do Índice de Ventilação Natural (IVN)

O IVN foi desenvolvido empiricamente por Scigliano e Hollo (2001) e representa o grau de eficiência da ventilação natural de um edifício.

O IVN deve ser determinado separadamente para as aberturas de entrada e de saída. É calculado pela Equação 3, em que A_a é a abertura das aberturas sem a colocação dos aparelhos que permitam a entrada de luz e protegem contra chuva; A_p é a área do piso interna da edificação; R_{aa} é o redutor de área de abertura de passagem de ar; R_{da} é o redutor devido ao atrito e a presença de tela protetora; e, R_{md} é o redutor de mudança de direção.

$$IVN = \frac{A_a}{A_p} \cdot R_{aa} \cdot R_{da} \cdot R_{md} \cdot 100 \quad (3)$$

O IVN pode variar de 0,15 a 4,00 para prédios com baixa e média intensidade de geração de calor, sendo que a melhor condição é atingida quando os valores estão entre 3 e 4.

Seu conceito visa corroborar no desenvolvimento de edifícios com características que permitam que se criem as condições mínimas para que se estabeleça firmemente dentro do prédio o efeito de convecção, que é o propulsor da ventilação natural, utilizando como energia o próprio calor que penetra no edifício através das fachadas e telhados.

O Redutor de Área de Abertura (R_{aa}) determina a área efetivamente disponível para passagem do ar através do aparato utilizado para permitir entrada de luz e proteção contra chuva, instalado na abertura. É definido pela Equação 4, onde A_{efet} é a área efetivamente disponível para passagem de ar no aparato utilizado para permitir a entrada de luz e proteção contra chuva e A_{abert} é a área da abertura onde se instalou o aparato.

$$R_{aa} = \frac{A_{efet}}{A_{abert}} = \frac{N \cdot L_m \cdot C_{passag}}{V \cdot C_{abert}} \quad (4)$$

Onde:

N: quantidade de passagens;

L_m : largura da passagem de ar;

V: vão de entrada de luz da abertura;

C_{passag} : comprimento da passagem;

C_{abert} : comprimento da abertura.

O Redutor Devido ao Atrito (R_{da}) representa o grau de dificuldade, devido ao atrito, que o ar enfrenta para atravessar o aparato utilizado para permitir entrada de luz e proteger contra chuva. Depende da distância entre as aletas do mesmo e da presença dos vários tipos de telas protetoras contra

entrada de animais. Os valores de R_{da} podem ser consultados no Quadro 4, no qual constam os aparatos mais usuais, levando-se em conta também a presença dos quatro tipos de telas mais utilizadas nos aparelhos para proteção contra entrada de animais.

Quadro 4 – Redutor devido ao atrito e a presença de tela protetora (R_{da})

Distância entre aletas ou larguras dos canais para passagem	R_{da} - Redutor devido ao atrito e a presença de tela protetora				
	Sem tela	Tela metálica passarinheira com fios de 0,71mm de diâmetro e malha de 12,7mm	Tela plástica com fios de 2,2mm de diâmetro e malha de 9,1mm x 10,3mm	Tela plástica mosquiteira com fios de 0,5mm de diâmetro e malha de 1,0mm	Tela plástica anti-afídeos com fios de 0,22mm de diâmetro e malha de 0,27mm x 0,78mm
De 3,0 a 4,9 cm	0,66	0,63	0,50	0,40	0,26
De 5,0 a 8,9 cm	0,70	0,67	0,53	0,42	0,28
De 9,0 a 15,9 cm	0,76	0,72	0,57	0,46	0,30
De 16,0 a 23,9 cm	0,84	0,80	0,63	0,50	0,34
Maior que 24,0 cm	1,00	0,95	0,75	0,60	0,40

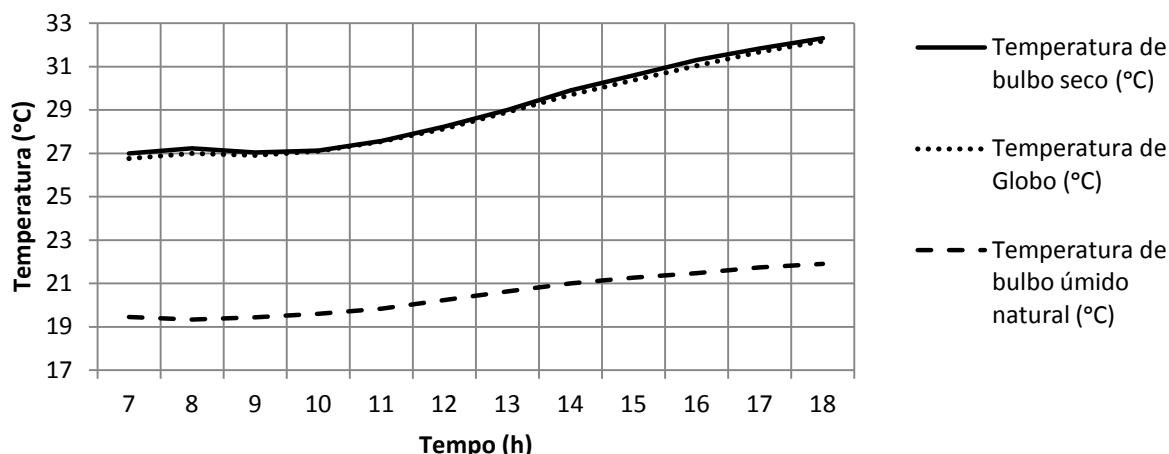
Fonte: Scigliano e Hollo (2001)

O Redutor de Mudança de Direção (R_{md}) representa a perda de eficiência decorrente da necessidade do ar quente ser obrigado a descer antes de sair do edifício, na passagem pelo aparato, contrariando sua tendência natural que é de sempre subir. Quando não há mudança de direção na saída de ar, seu valor é igual a 1,00.

4 RESULTADOS

Verificou-se que, as temperaturas de bulbo seco e de globo apresentaram valores muito próximos, justificado pela ausência de fontes de calor radiantes no ambiente. Ao longo do dia, a temperatura de bulbo seco apresentou comportamento crescente, com valores variando de 27 a 32°C, evidenciando a capacidade da edificação de se aquecer e armazenar calor. Já a temperatura de bulbo úmido natural variou de 19 a 22°C. Esses dados representam a estação quente e seca do período das medições (Figura 7).

Figura 7 – Médias horárias da temperatura de bulbo seco, temperatura de globo e temperatura de bulbo úmido natural, em todo o período de medição

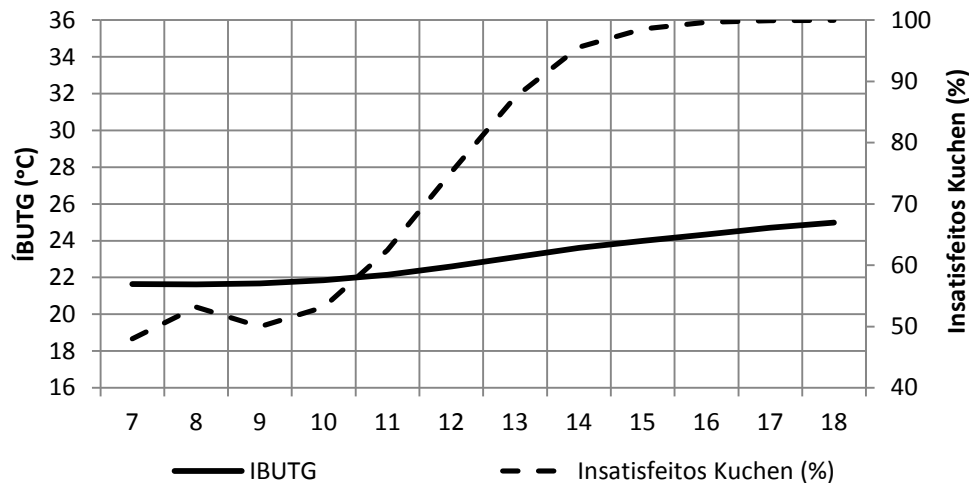


Fonte: Os autores

O IBUTG resultante variou de 21°C às 7h até 25°C, às 18h, o que significa dizer que as condições ambientais não excedem o limite para trabalho contínuo e atividade pesada, que é de 25°C (Quadro 2). Assim, os trabalhadores não ficaram expostos a estresse térmico.

No entanto, analisadas as condições de conforto, após o meio-dia, 80% dos usuários se encontram em sensação de desconforto com o ambiente térmico (Figura 8).

Figura 8 – IBUTG (°C) e Insatisfeitos_{Kuchen} (%)



Fonte: Os autores

O Índice de Ventilação Natural (IVN) foi calculado separadamente para as entradas e saídas.

O IVN de entrada, decorrente das áreas das portas, considerando a passagem livre do ar pelos vãos foi de 16,27 (Quadro 5). Sabendo-se que os melhores níveis de conforto são atingidos quando o IVN está entre 3 e 4, pode-se inferir que as necessidades de fluxo de entrada de ar são atendidas.

Por outro lado, a edificação pode estar ganhando muito calor devido a essa grande área de abertura e a recomendação para melhor eficiência das aberturas de entrada é de que as mesmas sejam posicionadas o mais baixo possível, para aumentar a diferença de pressão entre estas e as saídas (MAZZON, 2005). No caso do galpão em estudo, a altura de 6,00m é requerida para entrada de veículos altos e não pode ser bloqueada. Uma das possíveis alterações que podem ser sugeridas para melhoria da eficiência das aberturas de entrada é a inclusão de bandeiras móveis nas portas que limitassem a abertura a 3,00m, com o que o IVN passaria para 8,13 (Quadro 5).

Quadro 5 – IVN das aberturas para entrada de ar - existente e proposta.

Aberturas para entrada de ar - existente				Aberturas para entrada de ar - proposta			
A _{abert}	Largura (m)	8,0	48,0	A _{abert}	Largura (m)	8,0	48,0
	Altura (m)	6,0			Altura (m)	6,0	
A _{efet}	Largura (m)	4,0	24,0	A _{efet}	Largura (m)	4,0	12,0
	Altura (m)	6,0			Altura (m)	3,0	
R _{aa}	0,50			R _{aa}	0,25		
Quantidade de aberturas	2,00			Quantidade de aberturas	2,00		
A _{abert}	96,00			A _{abert}	96,00		
A _{piso}	295,00			A _{piso}	295,00		
R _{md}	1,00			R _{md}	1,00		
R _{da}	1,00			R _{da}	1,00		
IVN	16,27			IVN	8,13		

Fonte: Os autores

O IVN das aberturas para saída de ar foi calculado considerando-se o somatório dos exaustores e das janelas altas.

Os exaustores instalados possuem 0,40m de diâmetro (Figura 5), sem tela protetora, o que lhe atribui um Redutor devido ao atrito e a presença de tela protetora (R_{da}) de 0,66 (Quadro 3) e sem mudança de direção para a saída do ar quente (R_{md}=1,0).

O Redutor de Área de Abertura, R_{aa}, obtido conforme a Equação 4, é de 2,37. Para seu cálculo considerou-se que o exaustor possui 31 aletas que distam entre si, em média, de 3,0cm, com comprimento da passagem (C_{passag}) de 32cm (Figura 5). A partir disso, tem-se que a área efetiva disponível para passagem de ar (A_{efet}) por exaustor é de 0,30m². A Área da abertura antes da instalação do aparato (A_{abert}) é igual à área da base do exaustor de 40cm de diâmetro, ou seja, 0,13m².

O IVN resultante (Equação 3) para área de piso de 295m² e seis exaustores é de 0,4 (Quadro 6).

Quadro 6 – IVN das aberturas para saída de ar pelos exaustores – existente.

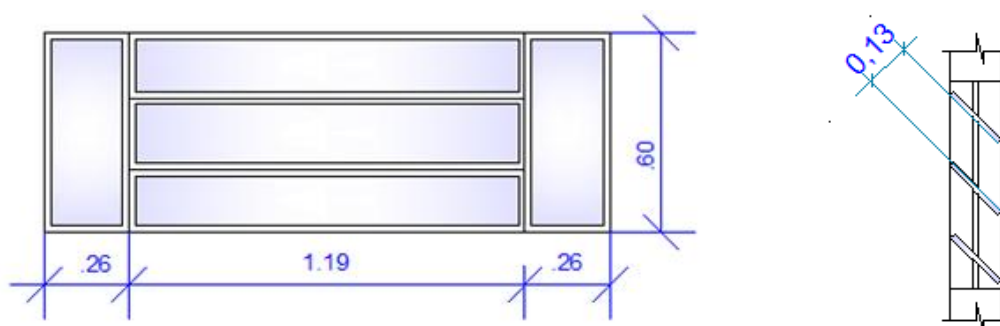
Aberturas para saída de ar pelos exaustores - existente			
A _{abert}	Raio da abertura para instalação do exaustor	0,20	0,13
A _{efet}	Largura média do vão entre	0,03	0,30

	as aletas (m)		
	Altura das aletas(m)	0,32	
	Quantidade de vãos	31,00	
R _{aa}	2,37		
Quantidade de exaustores	6,00		
A _{abert}	0,13		
A _{piso}	295,00		
R _{md}	1,00		
R _{da}	0,66		
IVN	0.4		

Fonte: Os autores

O IVN das janelas altas foi calculado considerando o basculante da parte central, tendo sido obtido o valor de 0,47 (Figura 9, Quadro 7).

Figura 9 – Detalhe da janela alta – existente.



Fonte: Os autores

Quadro 7 – IVN das aberturas para saída de ar pelas janelas existentes.

Aberturas para saída de ar pelas janelas - existente			
A _{abert}	Largura (m)	1,71	1,03
	Altura (m)	0,60	
A _{efet}	Largura (m)	0,26	0,31
	Altura (m)	1,19	
R _{aa}	0,30		
Quantidade de aberturas	6,00		
A _{abert}	6,16		
A _{piso}	295,00		
R _{md}	1,00		
R _{da}	0,76		
IVN	0,48		

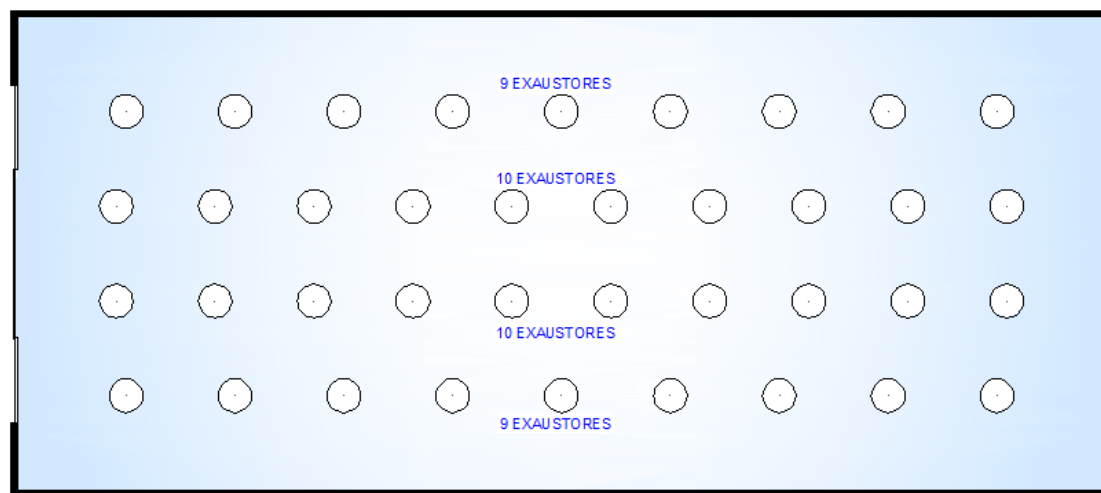
Fonte: Os autores

Assim, o IVN das aberturas de saída é 0,88, o que equivale a uma situação de efeito chaminé inexistente, uma vez que condições propícias para que se alcance conforto térmico somente são obtidas com IVN acima de 3.

A área de abertura de saída que promove um efeito chaminé com IVN igual a 3 é a equivalente a 38 exaustores, cuja disposição proposta se encontra apresentada na Figura 10. Para um IVN de 4, que corresponde à condições

ótimas, seriam necessários 54 exaustores, o que se torna inexequível à luz das dimensões da cobertura.

Figura 10 – Proposta de implementação de 38 exaustores para atendimento do IVN=3,00.



Fonte: Os autores

Destaca-se que segundo Scigliano e Hollo (2001), a adequação do IVN da edificação garante boas condições de conforto térmico.

5 CONCLUSÕES

A tipologia arquitetônica do objeto de estudo possui características semelhantes à maioria das edificações do tipo galpão comercial da cidade de Cuiabá/MT: cobertura de telhas metálicas simples e aberturas em duas fachadas.

Nesse tipo de edificação, o material da cobertura e os ganhos térmicos dela advindos são determinantes da condição térmica interior. A telha metálica possui elevada transmitância térmica, o que juntamente com a baixa renovação do ar interior proporcionam elevadas temperaturas operativas no interior.

Os resultados demonstram que, até às 10h, a Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas com o ambiente térmico é de 50%. Após as 10h, essa porcentagem evolui, sendo que após as 15h, 100% dos ocupantes encontram-se insatisfeitos com o ambiente térmico. Pode-se afirmar que, em pelos menos seis das oito horas da jornada de trabalho, são laboradas em condições de desconforto.

O IBUTG é de 22°C, às 7h e, 25°C, às 18h, ou seja, em nenhum momento da jornada, o limite de exposição para trabalho contínuo de 25°C é excedido.

Evidencia-se, assim, o quão distante encontram-se os limites da exposição ocupacional das condições de conforto térmico, apontando para uma possível inadequabilidade deste índice para avaliar o estresse ao calor (BUDD, 2008; CALLEJAS e DURANTE, 2011).

O IVN, embora seja um método empírico, se apresenta como uma ferramenta de fácil uso e aplicabilidade para dimensionamento das aberturas com vistas a promover o efeito de convecção térmica. No caso do galpão estudado, verifica-se que apenas os seis exaustores existentes não são suficientes para promover um efeito de convecção mínimo, o que se alcança com a implementação de 38 exaustores.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à equipe do Laboratório de Tecnologia e Conforto Ambiental (LATECA).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. **NBR 16401-2**: Instalações e ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro, 2008.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria 3.214 de Julho de 1978**. Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho - NR-15: Atividades e Operações Insalubres. Brasília, 1978. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/temas/segsau/legislacao/normas/conteudo/nr15/default.asp>>. Acesso em: 13 dez. 2014.

BUDD, G. M. Wet-bulb globe temperature (WBGT) - its history and its limitations. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 11, n. 1, p. 20-32, 2008.

CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. D. **Mapeamento do índice de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG). Estudo de caso em região de clima tropical continental**. Saarbrücken: Novas edições Acadêmicas, 2014.

CAMPELO, JR. J. H.; CASEIRO, F. T.; FILHO, N. P.; BELLO, G. A. C.; MAITELLI, G. T.; ZANPARONI, C. A. G. P. Caracterização macroclimática de Cuiabá. In: Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, Londrina, **Anais**. Londrina, v.1, n.7, 1991.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Nobel, 1995.

IPDU. Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento Urbano. **Perfil Socioeconômico de Cuiabá, V**. Cuiabá: Central de Texto, 2009.

MAZON, A. A. O. **Ventilação natural em galpões utilizando lanternins**. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

MORENO, G.; HIGA, T. C. S. **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente**. Cuiabá: Entrelinha, 2005.

KUCHEN, E.; FISCH, M. N.; GONZALO, G. E.; NOZICA, G. N. Predição do índice de conforto térmico em edifícios de escritório na Alemanha. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 39-53, jul./set. 2011.

MAITELLI, G. T. **Uma abordagem tridimensional do Clima Urbano em Área Tropical Continental: O Exemplo de Cuiabá/MT.** 1994. Tese (Doutorado em Climatologia). Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo-SP.

SCIGLIANO, S., HOLLO, V. **IVN - Índice de ventilação natural.** São Paulo: Editora Pini, 2001. 279 p.